

## **Закон сохранения энергии при центральном абсолютно упругом и неупругом соударении тела**

Асиф Гусейнов Камиль-оглы  
Азербайджанская Республика, г. Ленкорань  
akhuseynov@mail.ru  
Апрель.26.2016

### **Аннотация**

*Доказано, что выражения Закона сохранения механической энергии при центральном абсолютно упругом соударении тела, принятое в сегодняшней физике как «сумма кинетической энергии до и после удара сохраняется» и формула соответствующей этому выражению  $K_1 + K_2 = K'_1 + K'_2$  не соответствует Закону сохранения и превращения энергии и поэтому ошибочны.*

*Выведена новая формула Закона сохранения и превращения энергии для центрального абсолютно упругого и неупругого соударения тела.*

### **1. Принятие термины и понятия**

**Удар (или соударение)** – это столкновение двух или более тел, взаимодействующих очень короткое время.

**Линия удара** – прямая, проходящая через точку соприкосновения тел и перпендикулярная к поверхности их соприкосновения.

**Центральный удар** – если соударяющиеся тела до удара движутся вдоль прямой, проходящая через центры их масс.

**Деформация** – изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга.

**Упругость** – свойство тела деформироваться под действием приложенных сил и восстанавливать первоначальную форму и размеры после ее снятия.

**Абсолютно (идеально) упругий удар** – соударение тел, в результате которого механическая энергия не переходит в другие формы энергии. При этом происходит переход кинетической энергии в потенциальную энергию деформации, а также обратный переход. Идеально упругому удару соответствует полное восстановление формы соударяющихся тел.

**Абсолютно неупругий удар** – соударение двух тел, в результате которого тела соединяются, двигаясь дальше как единое целое с одинаковой скоростью.

**Потеря кинетической энергии при неупругом ударе** – равна кинетической энергии механической системы, если бы она двигалась с потерянными скоростями.

**Закон сохранения импульса** – векторная сумма импульсов всех тел (или частиц) замкнутой системы есть величина постоянная.

**Закон изменения импульса** – изменение импульса тела равно импульсу силы, вызывающей это изменение.

**Сила упругости** – сила, возникающая в теле в результате его деформации и стремящаяся вернуть тело в исходное состояние.

### **2. Механизм абсолютно упругих соударений**

Здесь мы рассматриваем только центральные абсолютно упругие соударения двух тел (далее ЦАУСТ) массами  $m_1$  и  $m_2$ , скоростями до удара  $v_1$  и  $v_2$ , после удара  $v'_1$  и  $v'_2$ . Для центрального удара векторы скоростей тела, до и после удара, лежат на прямой

линии, проходящей через их центры. Далее будем рассматривать только проекции векторов скоростей на линии удара.

Рассмотрим механизм упругих соударений на примере показанных на рис.1.

Силы взаимодействия ( $F_1$  и  $F_2$ ), возникающие при соударении, параллельны линии удара и противоположны по направлению (поэтому далее будем рассматривать только проекции векторов сил и импульсов на линии удара).

При соприкосновении тела обмениваются энергией и импульсом. При соударении, тела испытывают упругую деформацию. При этом кинетическая энергия (далее КЭ) движущихся тел *частично* или *полностью* переходит в потенциальную энергию (далее ПЭ) упругой деформации.

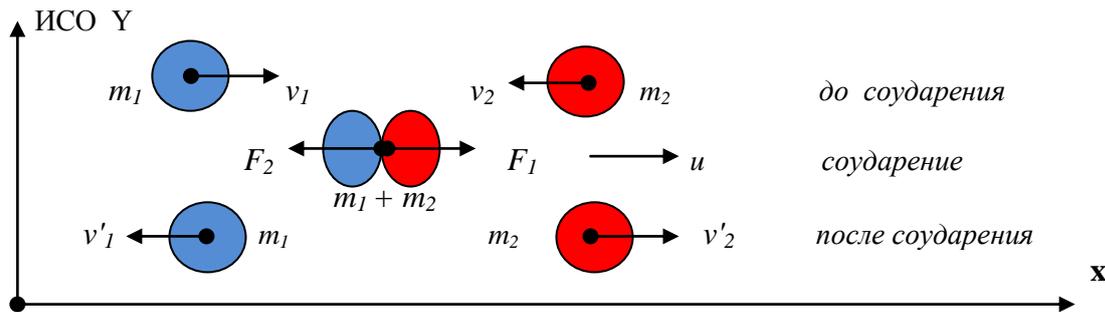


Рис.1

Рассмотрим при ЦАУСТ как и сколько КЭ и ПЭ превращаются друг в друга?

Процесс соударения не происходит мгновенно, на это затрачивается *время соприкосновения* (или *соударения*)  $t_v$ . На протяжении короткого времени соприкосновения происходит преобразование энергии в *двух этапах*.

**Первый этап (деформация или сжатия):** Начиная с момента касания тела деформируются и на тела начинает действовать *силы упругости*  $F_1$  и  $F_2$ , центры масс тела движутся навстречу друг друга с ускорением, происходит преобразование КЭ в ПЭ. По окончании сжатия это преобразование заканчивается, уравниваются скорости центры масс тела относительно друг друга, тела в сжатом форме вместе двигаются с *общей (совместной) скоростью*  $u$ . Когда тела вместе двигаются с *общей скоростью*  $u$ , соответственно, тела имеют КЭ  $K_{1u}$  и  $K_{2u}$ . За *время сжатия*  $t_c$  силы  $F_1$  и  $F_2$  совершают работы над телами, соответственно изменяется КЭ тела. КЭ тело  $m_1$  изменяется от  $K_1$  до  $K_{1u}$ , а КЭ тело  $m_2$  от  $K_2$  до  $K_{2u}$ .

При процессе сжатия в данной ИСО КЭ тела не всегда полностью преобразуется в ПЭ, часть КЭ тела остается в качестве КЭ общего движения или часть КЭ тела бывает меньше преобразованной в ПЭ. Количества этих частей КЭ не преобразованные в ПЭ зависят от выбранного ИСО. Только в ИСО, где  $u=0$  сумма КЭ становится равным преобразованной ПЭ ( $P$ )  $K_1 + K_2 = P$ , в других ИСО всегда  $K_1 + K_2 \neq P$ .

В данной ИСО затрат КЭ на накопление ПЭ формируется из алгебраической суммы  $K_1$ ,  $K_{1u}$ ,  $K_2$  и  $K_{2u}$ .

**Второй этап (восстановление):** Этот этап начинается после окончания этапа сжатия и заканчивается в момент полного отделения тела друг от друга. За *время восстановления*  $t_v$ , на тела действует *силы упругости*  $F_1$  и  $F_2$ , накопленная ПЭ тела полностью преобразуется в КЭ тела. В конце этапа восстановления тела имеют КЭ, соответственно,  $K'_1$  и  $K'_2$ , КЭ тела изменяется от  $K_{1u}$  до  $K'_1$  и от  $K_{2u}$  до  $K'_2$ .

При восстановлении тела затраченная ПЭ не всегда равна на суммы  $K'_1$  и  $K'_2$ , то есть  $K'_1 + K'_2 \neq P$ , только в частном случае, когда  $u = 0$  имеет место  $P = K'_1 + K'_2$ .

В данной ИСО затрат ПЭ на изменение КЭ тела формируется из алгебраической суммы  $K'_1$ ,  $K'_{1u}$ ,  $K'_2$  и  $K'_{2u}$ .

**Условия абсолютности соударения:** Для того чтобы удар был абсолютно упругим, все силы, возникающие в телах, должны зависеть только от величины деформации. Если бы в телах возникнут силы, зависящие от скоростей деформации, т.е. подобные силе трения, и деформации не исчезали бы полностью после прекращения взаимодействия тел, то часть работы сил, действующих между ними, превращалась бы в тепло и кинетическая энергия после удара была бы меньше, чем до удара. Таким образом, для того, чтобы удар был абсолютно упругим, должны отсутствовать силы, подобные силам трения. Реальные тела не обладают такими идеально упругими свойствами, но все же в некоторых реальных телах силы, зависящие от скоростей изменения деформации, могут быть очень малы.

При ЦАУСТ из условия абсолютности (идеальности) этого физического события получается (Рис 2.):

1) время сжатия и время восстановления равны друг на друга:

$$t_c = t_B \quad (1)$$

$$t_y = t_c + t_B \quad (2)$$

2) значения изменение силы упругости ( $F_1$  и  $F_2$ ) во время сжатия и восстановления одинаково (различаются только направлениями).

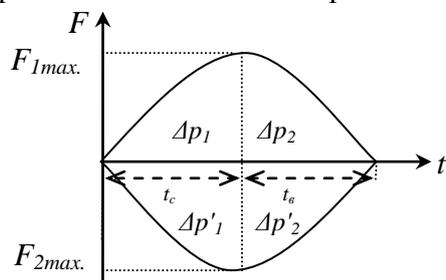


Рис 2.

## 2.1. Изменение импульса при упругом соударении тела

Из Закона сохранения импульса находится общая скорость тела  $u$  и скорости после удара  $v_1'$  и  $v_2'$ .

1) Закон сохранения импульса для центрального абсолютно упругого соударения двух тел:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (3)$$

Закон сохранения импульса в конце этапа сжатия (деформация):

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = u(m_1 + m_2) \quad (4)$$

Общая скорость тела в конце этапа сжатия (деформация) :

$$u = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2) \quad (5)$$

2) Из Закона изменения импульса находится скорости после удара  $v_1'$  и  $v_2'$ .

Закон изменения импульса для тело  $m_1$  в этапе сжатия (деформация):

$$\Delta p_1 = \int_0^{t_c} F_2(t) dt = m_1 (u - v_1) \quad (6)$$

Закон изменения импульса для тела  $m_1$  в этапе восстановления:

$$\Delta p_1' = \int_0^{t_B} F_2'(t) dt = m_1 (v_1' - u) \quad (7)$$

При ЦАУСТ, из условия абсолютности соударения вытекает следующее утверждение: изменения импульса тело  $m_1$  во время сжатия (деформация) и во время восстановления равны друг на друга:

$$\Delta p_1 = \Delta p_1' \quad (8)$$

$$m_1(u - v_1) = m_1(v_1' - u) \Rightarrow v_1' = -v_1 + 2u \quad (9)$$

Аналогично, Закон изменения импульса для тело  $m_2$  будет:

$$m_2(u - v_2) = m_2(v_2' - u) \Rightarrow v_2' = -v_2 + 2u \quad (10)$$

$$m_2(u - v_2) = m_2(v_2' - u) \Rightarrow v_2' = -v_2 + 2u \quad (11)$$

Подставив (5) в (9) и (11) получим :

$$v_1' = -v_1 + 2u = ((m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2)/(m_1 + m_2) \quad (12)$$

$$v_2' = -v_2 + 2u = ((m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1)/(m_1 + m_2) \quad (13)$$

3) При идеально упругом ударе относительная скорость остается той же самой по величине, но меняет свой знак. Из выражений (12) и (13):

$$v_1 - v_2 = -(v_1' - v_2') \quad (14)$$

4) Из условия абсолютности соударения и из 3-го закона Ньютона получается:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 \quad (15)$$

$$\Delta p_1' = \Delta p_2' \quad (16)$$

## 2.2. Энергетические преобразования при упругом соударении тела

### 2.2.1. Превращения кинетической энергии в потенциальной энергии

В первом этапе соударение КЭ тела превращается в ПЭ сжатых тел, за время сжатия КЭ затрачиваются на совершение работы над телами. При затрачивание КЭ изменяется КЭ тела. В зависимости от выбранной ИСО изменения КЭ ( $\Delta K$ ) тела могут быть :

- положительными, когда  $\Delta K = K_u - K > 0$ ,
- отрицательными, когда  $\Delta K = K_u - K < 0$ ,
- изменяющиеся знаком (то есть за время сжатия  $\Delta K$  изменяет знак), когда сначала  $\Delta K = K_u - K < 0$ , потом  $\Delta K = K_u - K > 0$ .

При этапе сжатия (при затрачивание КЭ), КЭ тела не только уменьшаются но и могут увеличиваться, это происходит из-за ее (КЭ) свойство относительности по ИСО, когда  $u=0$ , то есть в ИСО связанная с центром масс тела, КЭ тела только уменьшаются а в других случаях происходит и ее увеличение. Термины « увеличение КЭ » и « уменьшение КЭ » относительные понятия, а термины « затрат КЭ » и « потребление КЭ » абсолютные понятия по отношению ИСО. Так как при « затрат КЭ » тела возможно « увеличение КЭ » этого же тело, здесь противоречивого ничего нет, все это происходит по Закону сохранения и превращения энергии (ЗСПЭ) и Принципу относительности механики.

#### Правила расчета затраченной кинетической энергии на совершению работы.

Для вывода формулы закона сохранения энергии в механических процессах нужно учитывать (соблюдать) следующие особенности (Правила расчета затраченной КЭ на совершению работы) между изменения КЭ  $\Delta K$  и затраченной энергией  $\Delta E_{затр.}$  :

**Правило 1.** Поскольку ПЭ сжатых тел всегда положительная, затраченная КЭ ( $\Delta E_{затр.}$ ) на эту работы всегда будет положительная:

$$\Delta E_{затр.} > 0.$$

**Правило 2.** Если изменения КЭ тела  $\Delta K$  положительные:

$$\Delta E_{затр.} = \Delta K$$

**Правило 3.** Если изменения КЭ тела  $\Delta K$  отрицательные:

$$\Delta E_{затр.} = |\Delta K|$$

**Правило 4.** Если изменения КЭ тела  $\Delta K$  изменяет знак :

$$\Delta E_{затр.} = |0 - K| + (K_u - 0) = K + K_u$$

Например: На Рис.1 при соударении тела в этапе сжатия, КЭ тело  $m_2$  сначала уменьшается от  $K_2$  до нуля (изменения КЭ в этом промежутке времени  $t_{c1}$  равно  $(0 - K_2)$  и процесс сжатия не закончено), потом увеличивается от нуля до  $K_u$  (изменения КЭ в этом промежутке времени  $t_{c2}$  равно  $(K_{2u} - 0)$  и процесс сжатия заканчивается в конце промежутков времени  $t_{c2}$ ). Время сжатия равно  $t_c = t_{c1} + t_{c2}$ . За промежутки времени  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$  на тело  $m_1$  действует сила  $F_2$  и в тело  $m_1$  накапливается эластическая ПЭ  $P_1$ . Количество накопленной ПЭ  $P_1$  однозначно зависит от суммы изменений КЭ за время  $t_c$ . Если учесть Правила 1., накопленная ПЭ  $P_1$  тела  $m_1$  за время  $t_c$  будет равно на суммы  $|0 - K_2|$  и  $(K_{2u} - 0)$ , эта сумма есть затрат КЭ  $\Delta E_{2затр.}$  тела  $m_2$ :  $P_1 = \Delta E_{2затр.} = |0 - K_2| + (K_{2u} - 0) = K_2 + K_{2u}$ .

Из Правила 1...4 ясно видно, что изменения КЭ тела  $\Delta K$  не всегда равно на затраченной энергии  $\Delta E_{затр.}$ . Только в случаях изменения КЭ  $\Delta K > 0$  и не изменяет знак, имеется место равенство  $\Delta E_{затр.} = \Delta K$ , в других случаях всегда  $\Delta E_{затр.} \neq \Delta K$ .

### 1) Вычисление затраченной КЭ энергии тело $m_1$ :

За время сжатия, тело  $m_1$  действует на тело  $m_2$  силой  $F_2$  и затрачивает КЭ  $\Delta E_{1затр.}$ , эта энергия превращается в ПЭ  $P_2$  тело  $m_2$ , одновременно тело  $m_2$  (сила  $F_2$ ) совершает работу над телом  $m_1$  и изменяет его КЭ от  $K_1$  до  $K_{1u}$ :

$$P_2 = \Delta E_{1затр.} = \begin{cases} K_{1u} - K_1, & \text{если } \Delta K_1 > 0 \\ |K_{1u} - K_1|, & \text{если } \Delta K_1 < 0 \\ K_1 + K_{1u}, & \text{если } \Delta K_1 \text{ изменяет знак} \end{cases} \quad (17)$$

### 2) Вычисление затраченной КЭ энергии тело $m_2$ :

За время сжатия, тело  $m_2$  действует на тело  $m_1$  силой  $F_1$  и затрачивает КЭ  $\Delta E_{2затр.}$ , эта энергия превращается в ПЭ  $P_1$  тело  $m_1$ , одновременно тело  $m_1$  (сила  $F_1$ ) совершает работу над телом  $m_2$  и изменяет его КЭ от  $K_2$  до  $K_{2u}$ :

$$P_1 = \Delta E_{2затр.} = \begin{cases} K_{2u} - K_2, & \text{если } \Delta K_2 > 0 \\ |K_{2u} - K_2|, & \text{если } \Delta K_2 < 0 \\ K_2 + K_{2u}, & \text{если } \Delta K_2 \text{ изменяет знак} \end{cases} \quad (18)$$

### 3) Вычисление суммы ПЭ энергии тела:

В конце времени сжатия сумма ПЭ тела равно суммы затраченной КЭ тела:

$$P_1 + P_2 = \Delta E_{1затр.} + \Delta E_{2затр.} \quad (19)$$

## 2.2.2. Превращения потенциальной энергии в кинетической энергии

За время восстановления накопленная ПЭ тела затрачивается и превращается на КЭ тела, тела потребляет затраченной ПЭ.

(Гусейнов А.К. Правила расчета потребляемой энергии телом на совершение механической работы. [http://www.russika.ru/userfiles/adm\\_1454262041.pdf](http://www.russika.ru/userfiles/adm_1454262041.pdf) ).

Тело  $m_1$  действуя на тело  $m_2$  силой  $F_2$  совершает работу, затрачивает свою ПЭ  $P_1$ , тело  $m_2$  потребляет эту энергию  $\Delta E_{1номр.}$  и его КЭ изменяется от  $K_{2u}$  до  $K'_2$ :

$$P_1 = \Delta E_{2\text{потр.}} = \begin{cases} K_{2u} - K'_2, & \text{если работа положительная} \\ |K_{2u} - K'_2|, & \text{если работа отрицательная} \\ K'_2 + K_{2u}, & \text{если работа изменяет знак} \end{cases} \quad (20)$$

2.2) Тело  $m_2$  действуя на тело  $m_1$  силой  $F_1$  совершает работу, затрачивает свою ПЭ  $P_2$ , тело  $m_1$  потребляет эту энергию  $\Delta E_{1\text{потр.}}$  и его КЭ изменяется от  $K_{1u}$  до  $K'_1$ :

$$P_2 = \Delta E_{1\text{потр.}} = \begin{cases} K_{1u} - K'_1, & \text{если работа положительная} \\ |K_{1u} - K'_1|, & \text{если работа отрицательная} \\ K'_1 + K_{1u}, & \text{если работа изменяет знак} \end{cases} \quad (21)$$

В конце времени восстановления сумма ПЭ тела равно суммы потребленной КЭ тела:

$$P_1 + P_2 = \Delta E_{1\text{потр.}} + \Delta E_{2\text{потр.}} \quad (22)$$

### 2.2.3. Закон сохранения и превращения механической энергии

Обобщенное выражение Закона сохранения механической энергии при ЦАУСТ: Сумма затраченных кинетических энергий тела на деформации равно на суммы потребляемых кинетических энергий тела при восстановлении деформации:

$$\Delta E_{1\text{затр.}} + \Delta E_{2\text{затр.}} = \Delta E_{1\text{потр.}} + \Delta E_{2\text{потр.}} = \text{const.} \quad (23)$$

Из ЗСПЭ и из условия абсолютности упругого удара можно получить:

$$\Delta E_{1\text{затр.}} = \Delta E_{2\text{затр.}} \quad (24)$$

$$\Delta E_{1\text{потр.}} = \Delta E_{2\text{потр.}} \quad (25)$$

Из выражений (22)...(25) получится следующее свойство ЦАУСТ:

При ЦАУСТ затраченная и потребляемая энергия тела равны и постоянны во всех ИСО :

$$\Delta E_{1\text{затр.}} = \Delta E_{2\text{затр.}} = \Delta E_{1\text{потр.}} = \Delta E_{2\text{потр.}} = \text{const.} \quad (26)$$

В зависимости от направлений скоростей тел имеется 9 разных возможных вариантов соударения. В Таблице 1. дано формулы ЗСПЭ при каждом отдельном варианте ЦАУСТ, выраженными кинетическими энергиями:

Таблица 1.

№	Направления скоростей тел: до соударения ( $v_1, v_2$ ), совместная ( $u$ ) и после соударения ( $v'_1, v'_2$ )	Выражение ЗСПЭ при ЦАУСТ: $\Delta E_{1\text{затр.}} + \Delta E_{2\text{затр.}} = \Delta E_{1\text{потр.}} + \Delta E_{2\text{потр.}}$
		ЗСПЭ энергии при ЦАУСТ выраженные с кинетическими энергиями:
1	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u > 0$ $v'_1 > 0 \quad v'_2 > 0$	$(K_1 - K_{1u}) + (K_2 + K_{2u}) = (K_{1u} - K'_1) + (K'_2 - K_{2u})$
2	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u > 0$ $v'_1 < 0 \quad v'_2 > 0$	$(K_1 - K_{1u}) + (K_2 + K_{2u}) = (K'_1 + K_{1u}) + (K'_2 - K_{2u})$
3	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$ $v'_1 < 0 \quad v'_2 > 0$	$(K_1 + K_{1u}) + (K_2 - K_{2u}) = (K'_1 - K_{1u}) + (K'_2 + K_{2u})$
4	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$ $v'_1 < 0 \quad v'_2 < 0$	$(K_1 + K_{1u}) + (K_2 - K_{2u}) = (K'_1 - K_{1u}) + (K_{2u} - K'_2)$
	$v_1 > 0 \quad v_2 > 0$	

5	$u > 0$ $v_1' > 0 \quad v_2' > 0$	$(K_1 - K_{1u}) + (K_{2u} - K_2) = (K_{1u} - K_1') + (K_2' - K_{2u})$
6	$v_1 > 0 \quad v_2 > 0$ $u > 0$ $v_1' < 0 \quad v_2' > 0$	$(K_1 - K_{1u}) + (K_{2u} - K_2) = (K_1' + K_{1u}) + (K_2' - K_{2u})$
7	$v_1 < 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$ $v_1' < 0 \quad v_2' < 0$	$(K_{1u} - K_1) + (K_2 - K_{2u}) = (K_1' - K_{1u}) + (K_{2u} - K_2')$
8	$v_1 < 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$ $v_1' < 0 \quad v_2' > 0$	$(K_{1u} - K_1) + (K_2 - K_{2u}) = (K_1' - K_{1u}) + (K_{2u} + K_2')$
9	$u = 0$	$K_1 + K_2 = K_1' + K_2'$
Примечание: когда скоростей $v_1, v_2, v_1', v_2'$ равно нулю, знаки « $<$ » или « $>$ » заменяется соответственно знаками « $\leq$ » или « $\geq$ ».		

### 3. Как зависит кинетическая энергия от скорости движения тела?

Проверим соответствие формулы для КЭ  $K = mv^2/2$  и  $K = |mv|$  к равенствам показанные в таблице 1.:

Допустим при ЦАУСТ участвуют тела массой  $m_1 = 4$ кг и  $m_2 = 2$ кг, скоростями до удара  $v_1 = -1$ м/с и  $v_2 = -7$ м/с. Находим общий скорость  $u$  и скоростей после удара  $v_1'$  и  $v_2'$ :

$$u = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2) = -3 \text{ м/с}$$

$$v_1' = -v_1 + 2u = -5 \text{ м/с}$$

$$v_2' = -v_2 + 2u = 1 \text{ м/с}$$

Данные и найденные скоростей соответствуют ЦАУСТ на 8-ом строке Таблицы 1.:

$$(K_{1u} - K_1) + (K_2 - K_{2u}) = (K_1' - K_{1u}) + (K_{2u} + K_2') \quad (27)$$

1) Вычислим значения КЭ  $K_1, K_2, K_1', K_2', K_{1u}$  и  $K_{2u}$  с помощью формулой  $K = mv^2/2$ :

$$K_1 = m_1 v_1^2 / 2 = 2 \text{ Джоуль}, \quad K_2 = m_2 v_2^2 / 2 = 49 \text{ Джоуль}, \quad K_1' = m_1 v_1'^2 / 2 = 50 \text{ Джоуль},$$

$$K_2' = m_2 v_2'^2 / 2 = 2 \text{ Джоуль}, \quad K_{1u} = m_1 u^2 / 2 = 6 \text{ Джоуль}, \quad K_{2u} = m_2 u^2 / 2 = 9 \text{ Джоуль}.$$

Вставим эти значение в (27) и проверим равенства:

$$(18 - 2) + (49 - 9) \neq (50 - 18) + (9 + 1)$$

Формула  $K = mv^2/2$  не удовлетворяет равенства (27).

2) Вычислим значения КЭ  $K_1, K_2, K_1', K_2', K_{1u}$  и  $K_{2u}$  с помощью формулой

$$K = |mv|:$$

$$K_1 = |m_1 v_1| = 4 \text{ Джоуль}, \quad K_2 = |m_2 v_2| = 14 \text{ Джоуль}, \quad K_1' = |m_1 v_1'| = 20 \text{ Джоуль},$$

$$K_2' = |m_2 v_2'| = 2 \text{ Джоуль}, \quad K_{1u} = |m_1 u| = 12 \text{ Джоуль}, \quad K_{2u} = |m_2 u| = 6 \text{ Джоуль}.$$

Вставим эти значение в (27) и проверим равенства:

$$(12 - 4) + (14 - 6) = (20 - 12) + (6 + 2)$$

Формула  $K = |mv|$  удовлетворяет равенства (27).

Из сравнения ясно видно, что формула для КЭ  $K = mv^2/2$  не соответствует уравнению построенной на основе ЗСПЭ и поэтому не может быть формулой КЭ:

$$K \neq mv^2/2 \quad (28)$$

КЭ соответствует формула выполняющая требование ЗСПЭ:

$$K = |mv| \quad (29)$$

Значит, КЭ пропорционально на первой степени скорости и равно абсолютному значению векториальной величины количества движения или импульса:

$$K = |p| \quad (30)$$

Имеется и другие доказательство о неправильности формулы  $K = mv^2/2$  :

1)(Гусейнов А.К. Аристотелевская формула механической работы в физике. [http://www.russika.ru/userfiles/adm\\_1442348177.pdf](http://www.russika.ru/userfiles/adm_1442348177.pdf) )

2)(Гусейнов А.К. Простой пример о правильности формулы кинетической энергии определенным Р. Декарт и М.В.Ломоносовым. [http://www.russika.ru/userfiles/adm\\_1442773491.pdf](http://www.russika.ru/userfiles/adm_1442773491.pdf) )

#### 4. Расчет потеря кинетической энергии при центральном абсолютно неупругом ударе

При центральном абсолютно неупругом ударе тел (ЦАНУСТ) происходит не эластическая деформация , силы созданными телами совершают работы друг на другом , часть КЭ превращается во внутренние энергии тела. Затраченная энергия на совершение работы, которая преобразуется во внутреннюю энергию, называется потерянной КЭ тела (Т). Обмен энергией заканчивается в этапе соударения (сжатия) и далее тела двигаются с общей скоростью  $u$ .

Потерянная КЭ тело (Т) определяется на основание ЗСПЭ, соблюдая «Правила расчета затраченной кинетической энергии на совершению работы»:

1) Потерянная КЭ тела  $m_1$  :

$$T_1 = \Delta E_{1затр.} = \begin{cases} K_{1u} - K_1, & \text{если } \Delta K_1 > 0 \\ |K_{1u} - K_1|, & \text{если } \Delta K_1 < 0 \\ K_1 + K_{1u}, & \text{если } \Delta K_1 \text{ изменяет знак} \end{cases} \quad (31)$$

2) Потерянная КЭ тела  $m_2$  :

$$T_2 = \Delta E_{2затр.} = \begin{cases} K_{2u} - K_2, & \text{если } \Delta K_2 > 0 \\ |K_{2u} - K_2|, & \text{если } \Delta K_2 < 0 \\ K_2 + K_{2u}, & \text{если } \Delta K_2 \text{ изменяет знак} \end{cases} \quad (32)$$

Общая потерянная КЭ тела:

$$T = T_1 + T_2 = \Delta E_{1затр.} + \Delta E_{2затр.} \quad (33)$$

В зависимости от направлений скоростей тел до удара ( $v_1, v_2$ ) и общей скорости ( $u$ ) возможны следующие возможные варианты ЦАНУСТ (Таблица 2.):

Таблица 2.

№	Направления скоростей тел до удара ( $v_1, v_2$ ) и общей скорости ( $u$ )	Выражения потерь КЭ тела при ЦАНУСТ: $T = T_1 + T_2 = \Delta E_{1затр.} + \Delta E_{2затр.}$	
		Выражение потерь КЭ тела при ЦАНУСТ выраженными кинетическими энергиями:	
		$T_1 = \Delta E_{1затр.}$	$T_2 = \Delta E_{2затр.}$
1	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u > 0$	$(K_1 - K_{1u})$	$(K_2 + K_{2u})$
2	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$	$(K_1 + K_{1u})$	$(K_2 - K_{2u})$
3	$v_1 > 0 \quad v_2 > 0$ $u >$	$(K_1 - K_{1u})$	$(K_{2u} - K_2)$
4	$v_1 < 0 \quad v_2 < 0$ $u < 0$	$(K_{1u} - K_1)$	$(K_2 - K_{2u})$
5	$v_1 > 0 \quad v_2 < 0$ $u = 0$	$K_1$	$K_2$

Примечание: когда скоростей  $v_1$  или  $v_2$  или равно нулю, знаки « $<$ » или « $>$ » заменяется соответственно знаками « $\leq$ » или « $\geq$ ».

В академической физике потерянная КЭ тела при ЦАНУСТ определяется с помощью формулы Карно :

$$T = (K_1 + K_2) - (K_{1u} + K_{2u}) \quad (34)$$

Сравнив выражение (34) с Таблицей 2, увидим соответствие только в частном случае , когда  $u = 0$  , в других случаях:

$$T \neq (K_1 + K_2) - (K_{1u} + K_{2u}) \quad (35)$$

## 5. Выводы

1. Формулы, представленными академической физикой и называемыми Законами сохранения при ЦАНУСТ не соответствуют ЗСПЭ и поэтому не правильны:

$$\text{или} \quad K_1 + K_2 \neq K_1' + K_2' \\ K_1 \neq m_1 v_1^2 / 2, \quad K_2 \neq m_2 v_2^2 / 2, \quad K_1' \neq m_1 v_1'^2 / 2, \quad K_2' \neq m_2 v_2'^2 / 2$$

2. ЗСПЭ при ЦАНУСТ должно иметь следующая формулировка :

Сумма затраченных кинетических энергий тела на деформации равно на суммы потребляемых кинетических энергий тела при восстановлении деформации:

$$\Delta E_{1затр.} + \Delta E_{2затр.} = \Delta E_{1потр.} + \Delta E_{2потр.} = \text{const.}$$

3. При ЦАНУСТ затраченная и потребляемая энергия тела равны и постоянны во всех ИСО :

$$\Delta E_{1затр.} = \Delta E_{2затр.} = \Delta E_{1потр.} = \Delta E_{2потр.} = \text{const.}$$

4. Формулы, представленными академической физикой и называемыми потерями кинетической энергии при ЦАНУСТ не соответствуют ЗСПЭ и поэтому не правильны:

$$T \neq (K_1 + K_2) - (K_{1u} + K_{2u})$$

или

$$T \neq m_1(v_1 - u)^2 / 2 + m_2(v_2 - u)^2 / 2$$

5. При ЦАНУСТ потеря кинетической энергии равно суммы затраченных КЭ тела превращенные на внутренние энергии этих тел:

$$T = \Delta E_{1затр.} + \Delta E_{2затр.}$$

6. Физическая сущность выражения  $mv^2/2$  не соответствуют ЗСПЭ и поэтому не является формулой кинетической энергии:

$$K \neq mv^2/2.$$

7. Кинетическая энергия тела равно абсолютному значению количество движения или импульса движения тела :

$$K = |p| = |mv|.$$